WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

INTERNATIONALE ANMELDONALINTERNATIONALE ZUSAMMENARI	BEIT	AUF DEM GEBIET DES PATEUR
(51) Internationale Patentklassifikation 7:		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00//040/
G03F 7/20, G02B 13/18, 13/14	A1	(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 23. November 2000 (23.11.00)
PCT/E	P99/102	(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, JE, IT, LU,

(21) Internationales Aktenzeichen:

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Dezember 1999 (21.12.99)

(30) Prioritätsdaten: 199 22 209.6

14. Mai 1999 (14.05.99)

DE

(71) Anmelder (nur für DE FR NL): CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE).

(71) Anmelder (nur für GB IE JP KR): CARL-ZEISS-STIFTUNG trading as CARL ZEISS [DE/DE]; D-89518 Heidenheim (DE).

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHUSTER, Karl-Heinz [DE/DE]; Rechbergstrasse 24, D-89551 Königsbronn (DE).

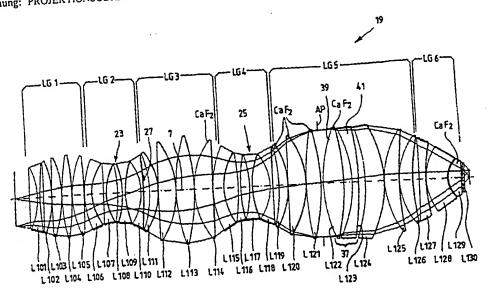
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: PROJECTION LENS FOR MICROLITHOGRAPHY

(54) Bezeichnung: PROJEKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE



(57) Abstract

The invention relates to a projection lens, comprising a lens assembly which has at least one first narrowing of the group of light beams. A lens (L205, L305, L405, L505, L605) with a non-spherical surface (29) is located in front of and/or a lens (L210, L310, L409, L509, L609) with a non-spherical surface (27) is located behind the first narrowing (23).

Projektionsobjektiv mit einer mindestens eine erste Taille des Lichtbündels aufweisenden Linsenanordnung, wobei eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) vor und/oder eine Linse (L210, L310, L409, L509, L609) mit einer asphärischen Oberfläche (27) nach der ersten Taille (23) angeordnet ist.

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

CT veröffentliche	•		LS	Lesotho	SI SK	Slowenien Slowakei
CG Kongo Cli Schweiz Cl Côte d'Ivoi CM Kamerun CN China Cli Kuba	gowina GH GN GR HU IE IL IS IT nische Republik JP KE KG C KF	Kirgisistan Demokratische Volksrepublik Korea Republik Korea Kasachstan St. Lucia Liechtenstein K Sri Lanka	LT LU LV MC MD MG MK ML MN MR NW MX NE NL NO	Litauen Laxemburg Lettland Monaco Republik Moldau Madagaskar Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien Mali Mongolei Mauretanien Malawi Mexiko Niger Niederlande Norwegen Neuseeland Polen Portugal Rumänien Russiche Föderation Sudan Schweden Singapur	SN SZ TD TG TJ TM TR TT UA UG US VN YU ZW	Senegal Swasiland Tschad Togo Tadschikistan Turkmenistan Türkei Trinidad und Tobago Ukraine Uganda Vereinigte Staaten von Amerika Usbekistan Vietnam Jugoslawien Zimbabwe

# PROJEKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE

Die Erfindung betrifft ein Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung, die in sechs Linsengruppen unterteilbar ist. Die erste, dritte, fünfte und sechste Linsengruppe weisen positive Brechkraft auf und die zweite und vierte Linsengruppe weisen jeweils negative Brechkraft auf. Im folgenden wird die Unterteilung des Linsensystems in Linsengruppen näher ausgeführt, wobei die Ausbreitungsrichtung der Strahlung zugrunde gelegt worden ist.

Die erste Linsengruppe ist positiv und endet mit einer Linse positiver Brechkraft. Durch die erste Linsengruppe wird ein Bauch gebildet, wobei es unerheblich ist, wenn in dem Bauch auch Negativlinsen angeordnet sind.

Die zweite Linsengruppe ist in ihrer Gesamtbrechkraft negativ. Diese zweite Linsengruppe weist als erste Linse eine bildseitig mit einer konkaven Linsenoberfläche ausgebildete Linse auf. Diese zweite Linsengruppe beschreibt im wesentlichen eine Taille. Auch hier ist es nicht maßgeblich, wenn einzelne positive Linsen in der zweiten Linsengruppe enthalten sind, solange die Taille erhalten bleibt.

Die dritte Linsengruppe beginnt mit einer Linse positiver Brechkraft, die bildseitig eine konvexe Linsenoberfläche aufweist und ein Meniskus sein kann. Ist als erste Linse eine dicke Meniskenlinse vorgesehen, so kann innerhalb der Linse die Trennung der Linsengruppen gedacht sein.

Die vierte Linsengruppe ist von negativer Brechkraft. Diese vierte Linsengruppe beginnt mit einer Linse negativer Brechkraft, auf die mehrere Linsen mit negativer Brechkraft folgen. Durch diese Linsengruppe wird eine Taille gebildet. Es ist unerheblich, ob innerhalb dieser Linsengruppe auch Linsen positiver Brechkraft angeordnet sind, solange diese den Strahlenverlauf nur auf einer kurzen Distanz beeinflußt und somit die Taillenform der vierten Linsengruppe erhalten bleibt.

Die fünfte Linsengruppe ist in ihrer Gesamtheit von positiver Brechkraft. Die erste Linse dieser fünften Linsengruppe weist bildseitig eine konvexe Linsenfläche auf. Durch die fünfte Linsengruppe wird ein Bauch gebildet.

Nach der Linse mit dem maximalen Durchmesser (der Bauch) folgen noch mindestens zwei positive Linsen in der fünften Linsengruppe, wobei auch noch negative Linsen zugelassen sind.

Die sechste Linsengruppe ist ebenfalls positiv in ihrer Gesamtbrechkraft. Die erste Linse der sechsten Linsengruppe ist negativ und weist bildseitig eine konkave Linsenfläche auf. Diese erste Linse der sechsten Linsengruppe weist im Vergleich zum maximalen Durchmesser des Bauches einen wesentlich kleineren Durchmesser auf.

Solche Projektionsobjektive werden insbesondere in der Mikrolithographie eingesetzt. Sie sind z.B. aus dem unter Beteiligung des Erfinders entstandenen DE 198 55 108 A, DE 198 55 157 A, DE 198 55 158 A der Anmelderin und dem dort zitierten Stand der Technik bekannt. Diese Schriften sollen auch Inhalt dieser Anmeldung sein.

Herkömmlich werden diese Projektionsobjektive aus rein sphärischen Linsen aufgebaut, da die Herstell- und Prüftechnik für Sphären vorteilhaft ist.

Aus der DE 198 18 444 A1 sind Projektionsobjektive bekannt, die Linsen mit asphärischen Oberflächen zumindest in der vierten oder fünften Linsengruppe aufweisen. Durch die asphärischen Oberflächen konnte eine Erhöhung der Apertur sowie der Bildqualität erreicht werden. Die dargestellten Projektionsobjektive weisen eine Längenerstreckung von Maskenebene zur Bildebene von 1200 mm bis 1500 mm auf. Mit dieser Länge ist ein erheblicher Materialeinsatz verbunden. Mit diesem Materialeinsatz gehen hohe Herstellkosten einher, da aufgrund der geforderten hohen Bildqualität nur hochqualitative Werkstoffe eingesetzt werden können. Es werden asphärischen Linsen bis zu einem Durchmesser von ca. 300mm benötigt, womit ihre Bereitstellung besonders aufwendig ist. Es ist in der Fachwelt überhaupt nicht klar, ob asphärische Linsen mit derart großen

WO 00/70407

Linsendurchmessern in der erforderlichen Qualität bereitgestellt werden können. Unter asphärischen Flächen sind alle nicht kugelförmigen Oberflächen zu verstehen, die rotationssymmetrisch sind. Insbesondere können als asphärische Linsenflächen auch rotationssymmetrische Splines vorgesehen sein.

Der Erfindung lag die Aufgabe zu Grunde, ein Projektionsobjektiv zu schaffen, das bei vermindertem Materialeinsatz möglichst wenige Linsen aufweist, wobei möglichst wenige, kleine und geringe Asphärizitäten aufweisende asphärische Linsenflächen eingesetzt werden. Es soll so ein kurzbauendes hochaperturiges Projektionsobjektiv kostengünstig bereitgestellt werden.

Die Aufgabe der Erfindung wird insbesondere durch die im Patentanspruch 1 oder 3 gegebenen Merkmale gelöst.

Durch die Maßnahme, in einem Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung in der vorderen Hälfte dieser Linsenanordnung mindestens eine mit einer asphärischen Linsenfläche versehene Linse vorzusehen, wurde die Möglichkeit geschaffen, ein kompakt bauendes Projektionsobjektiv, das eine hohe Bildqualität aufweist, bereitzustellen.

Bei Unterteilung dieser Linsenanordnung in sechs Linsengruppen, wobei eine erste Linsengruppe eine positive Brechkraft, eine zweite Linsengruppe eine negative Brechkraft, eine dritte Linsengruppe eine positive Brechkraft, eine vierte Linsengruppe eine negative Brechkraft und eine fünfte und sechste Linsengruppe jeweils eine positive Brechkraft aufweisen, ist eine bevorzugte Position der asphärischen Oberfläche am Ende der zweiten Linsengruppe. Dabei ist sie insbesondere auf der letzten Linse der zweiten Linsengruppe oder am Anfang der dritten Linsengruppe angeordnet, und zwar vorzugsweise auf der ersten Linse der dritten Linsengruppe. Mittels dieser asphärischen Linsenoberfläche ist insbesondere eine Korrektur von Bildfehlern im Bereich zwischen Bildfeldzone und Bildfeldrand möglich. Insbesondere können die Bildfehler höherer Ordnung, die bei Betrachtung von Sagittalschnitten deutlich werden, korrigiert werden. Da sich diese im Sagittalschnitt ersichtlichen Bildfehler besonders schwer korrigieren lassen, ist dies ein besonders wertvoller Beitrag.

In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel gemäß Anspruch 2 ist vorgesehen, daß nur eine Linse eine asphärische Oberfläche aufweist. Dies hat einen positiven Einfluß auf die Herstellungskosten, da gerade die Herstellung von asphärischen Oberflächen hoher Genauigkeit mit erheblichem technologischen Aufwand und demzufolge mit Kosten verbunden ist. Erst mit dem Einsatz genau einer Asphäre wurde es möglich ein sehr kompaktes Projektionsobjektiv zu schaffen, bei dem die Mehrkosten für die Asphäre nicht ins Gewicht fallen, da mit der Verringerung des erforderlichen Materials und der zu bearbeitenden und zu prüfenden Flächen erhebliche Kosteneinsparungen verbunden sind.

Durch die Maßnahme gemäß Anspruch 3, eine Linsenanordnung vorzusehen, die zumindestens eine erste Taille, eine asphärische Oberfläche vor und eine asphärische Oberfläche nach der Taille aufweist, ist eine Linsenanordnung geschaffen, die die Bereitstellung einer hohen Apertur bei hoher Bildqualität insbesondere für den DUV Bereich ermöglicht. Insbesondere ist es durch den Einsatz dieser asphärischen Oberflächen möglich, ein kurzbauendes Projektionsobjektiv mit einer hohen Bildqualität bereitzustellen. In der Mikrolithographie eingesetzte Objektive weisen im allgemeinen über ihre gesamte Erstreckung eine hohe Materialdichte auf, so daß mit der Reduzierung der Längenerstreckung eine erhebliche Materialeinsparung verbunden ist. Da bei Projektionsobjektiven insbesondere für die Mikrolithographie nur sehr hochwertige Materialien eingesetzt werden können, hat der erforderliche Materialeinsatz einen massiven Einfluß auf die Herstellungskosten.

Die vor der ersten Taille angeordnete asphärische Oberfläche kann am Ende der ersten Linsengruppe oder am Anfang der zweiten Linsengruppe angeordnet sein. Weiterhin hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, eine nach der ersten Taille angeordnete asphärische Oberfläche auf der letzten Linse der zweiten Linsengruppe oder auf der ersten Linse der dritten Linsengruppe anzuordnen.

Durch die vor der ersten Taille vorgesehene asphärische Oberfläche ist insbesondere eine gezielte Korrektur der Koma im Bereich der Bildfeldzone möglich. Diese asphärische Linsenoberfläche hat auf die schiefe sphärische Aberration im Tangentialschnitt und im

Sagittalschnitt nur einen geringen Einfluß. Dahingegen kann durch die asphärische Linsenoberfläche nach der Taille die schiefe sagittale Aberration, insbesondere im Bereich zwischen Bildfeldzone und Bildfeldrand, korrigiert werden.

So ist das Vorsehen einer zweiten asphärischen Linsenoberfläche eine wertvolle Maßnahme, um bei erhöhter Apertur einer durch Koma begründeten Verringerung der Bildqualität entgegenzuwirken.

In einigen Anwendungsfällen, insbesondere mit sehr hoher Apertur, gemäß den Ansprüchen 7, 10 hat es sich als günstig herausgestellt, eine dritte asphärische Linsenoberfläche in der dritten Linsengruppe vorzusehen.

Es hat sich gemäß Anspruch 9 als vorteilhaft herausgestellt, in der sechsten Linsengruppe eine Linse mit einer asphärischen Fläche für eine weitergehende Korrektur der Koma, insbesondere auch im Bereich des Bildfeldrandes, bereitzustellen. Als prädestinierte Position hat sich für diese asphärische Linsenfläche insbesondere die erste Linse der sechsten Linsengruppe herausgestellt.

Weiterhin ist durch Vorsehen einer weiteren asphärischen Oberfläche auf der letzten Linse der dritten Linsengruppe eine Erhöhung der Apertur gemäß Anspruch 10 bei gleichbleibender Bildqualität möglich.

Es ist ein Vorteil der Erfindung gemäß Anpruch 17, daß asphärische Flächen auf langen Radien vorgesehen sind, da die Herstellung und Prüfung von Linsenflächen mit langen Radien einfacher ist. Diese Oberflächen sind für Bearbeitungsgeräte auf Grund der geringen Krümmung leicht zugänglich. Insbesondere sind Oberflächen mit langen Radien für taktile Meßverfahren mit kartesischen Koordinaten zugänglich.

Es hat sich gemäß Anspruch 13 als vorteilhaft herausgestellt, bei Projektionsobjektiven, die für eine Beleuchtungswellenlänge von kleiner als 200 nm ausgelegt sind, aufgrund der stärkeren Dispersion der Linsen auch bei Einsatz schmalbandiger Lichtquellen für eine Achromatisierung mindestens 2 verschiedene Materialien für die Linsen zu verwenden.

Neben Quarzglas sind insbesondere die Fluoride, insbesondere CaF<sub>2</sub>, als geeignetes Material bekannt.

Es hat sich gemäß Anspruch 14 als vorteilhaft herausgestellt, mindestens zwei Linsen, die vor einer Aperturblende in der fünften Linsengruppe angeordnet sind, zur Korrektur des Farbquerfehlers aus CaF<sub>2</sub> vorzusehen.

Zur weiteren Korrektur von Farbfehlern hat es sich gemäß Anspruch 15 als vorteilhaft herausgestellt, nach der Aperturblende mittels einer positiven CaF<sub>2</sub> Linse und einer folgenden negativen Quarzlinse einen Alt-Achromaten zu integrieren. Diese Anordnung wirkt sich günstig zur Korrektur der sphärischen Anteile aus. Durch die Linsen nach der Aperturblende sind insbesondere Farblängsfehler korrigierbar.

Schon allein aus der Verkürzung der Längenerstreckung des Projektionsobjektives resultiert im allgemeinen eine Reduzierung des Farblängsfehlers. Somit kann bei den erfindungsgemäßen Objektiven eine gute Achromatisierung bei einem reduzierten Einsatz von CaF<sub>2</sub> Linsen erreicht werden.

Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in den weiteren Unteransprüchen angegeben.

Anhand einiger Ausführungsbeispiele wird die Erfindung im folgenden näher beschrieben.

Es zeigt:

Figur 1 schematische Darstellung einer Projektionsbelichtungsanlage;

Figur 2 Linsenschnitt durch eine erste Linsenanordnung eines
Projektionsobjektives mit einer asphärischen Linsenoberfläche;

WO 00/70407

Figur 3

Linsenschnitt durch eine zweite Linsenanordnung, die zwei asphärische Linsenoberflächen aufweist;

Figur 4

Linsenschnitt durch eine dritte Linsenanordnung, die drei asphärische Oberflächen aufweist;

Figur 5a bis 5g Darstellung der tangentialen Queraberrationen;

Figur 6a bis 6g Darstellung der sagitalen Queraberrationen;

Figur 7a bis 7f Darstellung des Rinnenfehlers der dritten Linsenanordnung anhand von Schnitten;

Figur 8 Linsenschnitt durch eine vierte Linsenanordnung, die drei asphärische Oberflächen aufweist;

Figur 9 Linsenschnitt durch eine fünfte Linsenanordnung, die vier asphärische Linsenoberflächen aufweist; und

Figur 10 Linsenschnitt durch eine sechste Linsenanordnung, die vier asphärische Oberflächen aufweist.

Anhand von Figur 1 wird zunächst der prinzipielle Aufbau einer
Projektionslichtungsanlage beschrieben. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 weist eine
Beleuchtungseinrichtung 3 und ein Projektionsobjektiv 5 auf. Das Projektionsobjektiv
umfaßt eine Linsenanordnung 19 mit einer Aperturblende AP, wobei durch die
Linsenanordnung 19 eine optische Achse 7 definiert wird. Zwischen
Beleuchtungseinrichtung 3 und Projektionsobjektiv 5 ist eine Maske 9 angeordnet, die
mittels eines Maskenhalters 11 im Strahlengang gehalten wird. Solche in der
Mikrolithographie verwendeten Masken 9 weisen eine Mikrometer- bis Nanometerstruktur
auf, die mittels des Projektionsobjektives 5 bis zu einem Faktor von 10, insbesondere um
den Faktor vier, verkleinert auf eine Bildebene 13 abgebildet wird. In der Bildebene 13

wird ein durch einen Substrathalter 17 positioniertes Substrat bzw. ein Wafer 15 gehalten. Die noch auflösbaren minimalen Strukturen hängen von der Wellenlänge  $\lambda$  des für die Beleuchtung verwendeten Lichtes sowie von der Apertur des Projektionsobjektives 5 ab, wobei die maximal erreichbare Auflösung der Projektionsbelichtungsanlage 1 mit abnehmender Wellenlänge der Beleuchtungseinrichtung 3 und mit zunehmender Apertur des Projektionsobjektives 5 steigt.

Das Projektionsobjektiv 5 enthält erfindungsgemäß mindestens eine asphärische Fläche zur Bereitstellung einer hohen Auflösung.

Verschiedene Ausführungsformen von Linsenanordnungen 19 sind in den Figuren 2-4 und 8-10 gezeigt.

Im folgenden werden diese für gehobene Ansprüche an die Bildqualität sowie an die Auflösung ausgelegten Projektionsobjektive 3, insbesondere deren Linsenanordnung19, näher beschrieben. Die Daten der einzelnen Linsen L101-L130, L201-L230, L301-L 330, L401-L429, L501-L529, L601-L629 sind den zugeordneten Tabellen im einzelnen zu entnehmen. Alle Linsenanordnungen 19 weisen zumindest eine asphärische Linsenfläche 27 auf.

Diese asphärischen Flächen werden durch die Gleichung:

$$P(h) = \frac{\delta \cdot h \cdot h}{1 + \sqrt{1 - (1 - EX) \cdot \delta} \cdot \delta \cdot h \cdot h} + C_1 h^4 + \dots + C_n h^{2n+2} \qquad \delta = 1/R$$

beschrieben, wobei P die Pfeilhöhe als Funktion des Radius h (Höhe zur optischen Achse 7) mit den in den Tabellen angegebenen asphärischen Konstanten C<sub>1</sub> bis C<sub>n</sub> ist. R ist der in den Tabellen angegebene Scheitelradius.

Die in Figur 2 gezeigte Linsenanordnung 19 weist 29 Linsen und eine Planparallelplatte auf, die mit L101-L130 bezeichnet sind. Diese Linsenanordnung 19 ist in sechs Linsengruppen unterteilbar, die mit LG1 für die erste Linsengruppe bis LG6 für die sechste

Linsengruppe bezeichnet sind. Die erste, dritte, fünfte und sechste Linsengruppe weisen positive Brechkraft auf, wohingegen die zweite Linsengruppe LG2 und die vierte Linsengruppe LG4, durch die eine erste Taille 23 und eine zweite Taille 25 gebildet werden, negative Brechkraft aufweisen. Diese Linsenanordnung 19 ist für die Wellenlänge  $\lambda=193,3$  nm, welche durch einen KrF-Excimerlaser erzeugt wird, ausgelegt und weist eine asphärische Linsenfläche 27 auf. Mit dieser Linsenanordnung 19 ist bei einer Apertur von 0,75 eine Strukturbreite von 0,10  $\mu$ m auflösbar. Objektseitig breitet sich das durch die Linsenanordnung transmittierte Licht in Form einer kugelförmigen Wellenfront aus. Bei diesem Objektiv beträgt die größte Abweichung von der idealen Wellenfront, auch mit RMS-Faktor bezeichnet, 10.4 m $\lambda$  bezogen auf die Wellenlänge von  $\lambda=193,3$  nm. Die Bildfelddiagonale beträgt 28 mm. Die Baulänge von Maskenebene zu Objektivebene beträgt nur 1000 mm, und der maximale Durchmesser einer Linse beträgt 235 mm.

In diesem Ausführungsbeispiel ist diese asphärische Linsenoberfläche 27 auf der der Beleuchtungseinrichtung abgewandten Seite der Linse L110 angeordnet.

Mit dieser asphärischen Linsenoberfläche 27 wurde es erst möglich, ein die zuvor genannten guten Leistungsdaten aufweisendes Projektionsobjektiv bereitzustellen. Diese asphärische Linsenfläche 27 dient dazu, Bildfehler zu korrigieren, sowie die erforderliche Baulänge bei gleichbleibender Bildqualität zu verringern. Hier werden durch diese Asphäre 27 insbesondere Bildfehler höherer Ordnung im Bereich zwischen Bildzone und Bildfeldrand korrigiert. Diese Korrektur bewirkt insbesondere eine Erhöhung der Bildqualität in sagittaler Richtung.

Mit kürzerer Wellenlänge wächst die Dispersion der verfügbaren Linsenmaterialien an. Demzufolge treten verstärkt chromatische Bildfehler bei Projektionsobjektiven für kurze Wellenlängen wie 193 nm oder 157 nm auf. Die übliche Ausführung für 193nm weist daher Quarzglas als Flint und CaF<sub>2</sub> als Kron als Linsenmaterial zur Achromatisierung auf.

Bei insgesamt minimalem Einsatz des problematischen CaF<sub>2</sub> ist zu beachten, daß die eine CaF<sub>2</sub> Linse L114 in der dritten Linsengruppe LG3 eine erhöhte Anforderung an die Homogenität des Materials stellt, da sie fern der Aperturblende AP angeordnet ist. Dafür

hat sie aber mäßigen Durchmesser, was die Verfügbarkeit von CaF<sub>2</sub> mit erhöhter Anforderung wesentlich verbessert.

Zur Korrektur des Farbquerfehlers sind drei CaF<sub>2</sub> Linsen L119, L120, L121 vor der Aperturblende AP in der fünften Linsengruppe LG5 angeordnet worden. Direkt hinter der Aperturblende AP ist ein Achromat 37, bestehend aus einer konvexen CaF<sub>2</sub> Linse L122 und der nachfolgenden Meniskenlinse L123 aus Quarzglas, angeordnet. Diese CaF<sub>2</sub> Linsen können aufgrund des Strahlenverlaufes von geringerer Qualität als die CaF<sub>2</sub> Linse L114 sein, da Qualitätsabweichungen im Mittenbereich gleichzeitig für alle Bildfeldbereiche leichter korrigiert werden können (durch Linsendrehung bei der Justage).

Eine weitere CaF<sub>2</sub> Linse L129 ist in der sechsten Linsengruppe angeordnet. Durch diese Linse aus CaF<sub>2</sub> ist es möglich die Einflüsse von Linsenerwärmung und Brechzahländerungen infolge von Bestrahlung (Compaction) zu verringern.

Die einzelnen Daten zu den Linsen L101-L130 sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Der optisch genutzteDurchmesser aller CaF<sub>2</sub> Linsen ist kleiner als 235 mm. Da die Verfügbarkeit von CaF<sub>2</sub> in Abhängigkeit vom geforderten Durchmesser noch begrenzt ist, ist der erforderliche Durchmesser der eingesetzten CaF<sub>2</sub> Linsen von zentraler Bedeutung.

In Figur 3 ist eine für die Wellenlänge  $\lambda$  = 248 nm ausgelegte Linsenanordnung 19 im Schnitt gezeigt. Diese Linsenanordnung 19 weist zwei asphärische Linsenflächen 27, 29 auf. Die erste asphärische Linsenfläche 27 ist auf der Linse L210 bildseitig angeordnet. Es könnte auch vorgesehen sein, diese zweite asphärische Linsenoberfläche 27 auf der der Beleuchtungseinrichtung zugewandten Seite der Linse L211 anzuordnen. Die beiden Linsen L210 und L211 sind für die Aufnahme der asphärischen Linsenoberfläche 27 prädestiniert. Es kann auch vorgesehen sein, anstelle der Linsen L210 und L211 eine Meniskenlinse vorzusehen, die eine asphärische Linsenoberfläche aufweist. Die zweite asphärische Linsenoberfläche 29 ist im Endbereich der ersten Linsengruppe, auf der der Beleuchtungseinrichtung 3 abgewandten Seite der Linse L205, angeordnet. Es kann auch vorgesehen sein, diese asphärische Linsenoberfläche 29 auf der darauf folgenden Linse L206 in dem Beginn der zweiten Linsengruppe anzuordnen.

Eine besonders große Wirkung erhält man bei der Anordnung der Asphären 27, 29 auf Linsenoberflächen, bei denen die auftreffenden Strahlen zur jeweiligen Oberflächennormalen einen großen Winkel einschließen. Dabei ist besonders die große Variation der Auftreffwinkel bedeutsam. In Figur 10 erreicht der Wert von sin i bei der asphärischen Linsenoberfläche 31 einen Wert bis zu 0,82. Infolgedessen haben in diesem Ausführungsbeispiel die einander zugewandten Linsenoberflächen der Linsen L210, L211 einen größeren Einfluß auf den Strahlenverlauf im Vergleich zu der jeweils anderen Linsenoberfläche der entsprechenden Linse L210, L211.

Bei einer Länge von 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 237,3 mm weist diese Linsenanordnung bei einer Wellenlänge von 248,38 nm eine numerische Apertur von 0,75 auf. Die Bildfelddiagonale beträgt 27,21 mm. Es ist eine Strukturbreite von 0,15  $\mu$ m auflösbar. Die größte Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 13,0 m $\lambda$ . Die genauen Linsendaten, bei denen diese Leistungsdaten erreicht werden, sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Eine weitere Ausführungsform einer Linsenanordnung 19 für die Wellenlänge 248,38 nm ist in Figur 4 gezeigt. Diese Linsenanordnung 19 weist drei Linsen L305, L310, L328 auf, die jeweils eine asphärische Linsenoberfläche 27, 29, 31 aufweisen. Die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29 sind an den aus Figur 3 bekannten Positionen belassen worden. Durch die asphärische Linsenoberfläche 27 ist die Koma mittleren Ordnung für die Bildfeldzone einstellbar. Dabei sind die Rückwirkungen auf Schnitte in tangentialer Richtung sowie sagittaler Richtung gering.

Die zusätzliche dritte asphärische Linsenoberfläche 31 ist maskenseitig auf der Linse L328 angeordnet. Diese asphärische Linsenoberfläche 31 unterstützt die Komakorrektur zum Bildfeldrand hin.

Mittels dieser drei asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 wird bei einer Wellenlänge von 248,38 nm bei einer Länge von nur 1000 mm und einem maximalen Linsendurchmesser von 247,2 mm die weiter gesteigerte numerische Apertur von 0,77 und

eine im gesamten Bildfeld gut auflösbare Strukturbreite von 0,14  $\mu m$  erreicht. Die maximale Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 12,0 m $\lambda$ .

Um die Durchmesser der Linsen in LG5 klein zu halten und um eine für das System vorteilhafte Petzvalsumme, die nahezu null sein sollte beizubehalten, sind die drei Linsen L312, L313, L314 in der dritten Linsengruppe LG3 vergrößert. Für die Bereitstellung des erforderlichen axialen Bauraumes für diese drei Linsen L312-L314 sind die Dicken anderer Linsen und damit die Durchmesser, insbesondere der Linsen der ersten Gruppe LG1, reduziert worden. Dies ist ein ausgezeichneter Weg, um in einem begrenzten Bauraum sehr große Bildfelder und Aperturen unterzubringen.

Die hohe Bildqualität, die durch diese Linsenanordnung erreicht wird, ist aus den Figuren 5a - 5g, Figur 6a - 6g und Figur 7a - 7f zu ersehen.

Figuren 5a - 5g geben für die Bildhöhen Y' (in mm) die meridionale Queraberration DYM an. Alle zeigen bis zu den höchsten DW' hervorragenden Verlauf.

Figuren 6a - 6g geben für die gleichen Bildhöhen die sagittalen Queraberrationen DZS als Funktion des halben Aperturwinkels DW' an.

Figuren 7a - 7f geben für die gleichen Bildhöhenden den Rinnenfehler DYS an, der durchgängig nahezu null ist.

Die genauen Linsendaten sind der Tabelle 3 zu entnehmen, wobei die asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31 an der gewährleistbaren hohen Bildqualität einen erheblichen Anteil haben.

Eine weitere Linsenanordnung für die Wellenlänge  $\lambda = 248,38$  nm ist in Figur 8 gezeigt. Bei einer Länge von nur 1000 mm weist diese Linsenanordnung 19 bei nur 3 asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 33 eine numerische Apertur von 0,8 und im gesamten Bildfeld, dessen Diagonale 27,21 mm beträgt, eine gut auflösbare Strukturbreite von 0,13  $\mu$ m auf. Der maximale Linsendurchmesser beträgt 255 mm und tritt im Bereich der fünften

Linsengruppe LG5 auf. Dieser Linsendurchmesser ist ungewöhnlich klein für die Apertur 0.8 bei einem Bildfeld mit Diagonale 27.21 mm. Alle drei asphärischen Linsenoberflächen 27.29.33 sind in den vorderen Linsengruppen LG1 - LG3 der Linsenanordnung 19 angeordnet. Die Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt bei dieser Linsenanordnung nur 9.2 m $\lambda$ .

Die genauen Linsendaten dieser Linsenanordnung 19 sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Mit Vorsehen einer weiteren vierten Asphäre 33 auf der der Beleuchtungseinrichtung abgewandten Seite der Linse L513 konnte eine weitere Steigerung der numerischen Apertur von 0,8 auf 0,85 erreicht werden. Diese hohe Apertur, aus der bildseitig ein Öffnungswinkel von 116,4° gegenüber einem Winkel von 88,8° bei einer Apertur von 0,70 resultiert, ist bei dem Bildfeld mit Diagonale 27,21 mm einzigartig. Die gut auflösbare Strukturbreite beträgt 0,12 μm und die maximale Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt nur 7,0 mλ. Solch eine Linsenanordnung 19 ist in Figur 9 dargestellt, wobei die genauen Linsendaten der Tabelle 5 zu entnehmen sind.

Im Vergleich zu den vorangegangenen Ausführungsbeispielen Figur 1 - Figur 3 und zum St.d.T. DE198 18 444 A sind bei dieser Linsenanordnung 19 die letzten beiden Linsen zu einer Linse vereint. Durch diese Maßnahme kann neben der Ersparnis bei der Linsenherstellung im Endbereich eine Linsenfassung gespart werden, wodurch Bauraum für Zusatzgeräte, insbesondere für einen Fokussensor, geschaffen wird.

In Figur 10 ist eine Linsenanordnung 19 gezeigt, die für die Wellenlänge  $\lambda=157,63$  nm ausgelegt ist. Das mittels dieser Linsenanordnung beleuchtbare Bildfeld ist auf 6 x 13 mm mit einer Bildfelddiagonalen von 14,3 mm verkleinert worden und ist für das Stiching-Verfahren angepaßt .

Bei einer Länge von nur 579,5 mm und einem maximalen Durchmesser von 167 mm konnte durch vier asphärischen Linsenoberflächen 27, 29, 31, 33 eine numerische Apertur von 0,85 und eine gut auflösbare Strukturbreite von 0,07 µm erreicht werden. Die

Abweichung von der idealen Wellenfront beträgt 9,5 m $\lambda$  bei der Wellenlänge  $\lambda = 157,63$  nm.

Aufgrund der kurzen Wellenlänge ist die Absorption von Quarzlinsen recht hoch, so daß vermehrt auf CaF<sub>2</sub> als Linsenmaterial zugegriffen worden ist. Im Bereich der Taillen 23, 25, d.h. in der zweiten und der vierten Linsengruppe LG2 und LG4, sind einzelne Quarzglaslinsen vorgesehen. Diese Quarzglaslinsen sollten höchstmöglichste Transmission aufweisen. Eine weitere Linse aus Quarzglas in Form einer Meniskenlinse L625 ist in der Linsengruppe LG5 zur Bildung eines Achromaten vorgesehen worden. Weiterhin ist die die asphärische Linsenoberfläche aufweisende Linse L628 der Linsengruppe LG6 aus Quarzglas. Damit ist die Asphäre 33 auf dem leichter zu bearbeitenden Material ausgebildet.

Dadurch ist der Farblängsfehler dieser Linsenanordnung 19 auch bei dieser extrem hohen Apertur sehr klein.

Die gezeigten Ausführungsbeispiele zeigen, daß gute Leistungsdaten erreichbar sind, ohne daß asphärische Flächen (27, 29, 31, 33) mit großen Durchmessern, insbesondere in der fünften Linsengruppe. Die eingesetzten kleinen asphärischen Linsenflächen lassen sich gut fertigen und prüfen.

Diese in den Ausführungsbeispielen erläuterten Linsenanordnung 19 zeigen lediglich den durch die Ansprüche festgelegten Designraum auf. Selbstverständlich sind die anhand der Ausführungsbeispiele konkretisierten Merkmale gemäß den Ansprüchen und deren Kombinationen miteinander kombinierbar.

		30.1	-		
m709a Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchr	nesser
				62.436	
	UNENDL	17.2885	S102	62.972	
L101	-143.20731	6.0000	He	70.359	
2101	599.77254	7.6370	SIO2	72.015	
L102	-3259.25331	17.8056	He	74.027	
C102	-215.68976	.7500	SIO2	79.278	
L103	6352.48088	21.0301	He	80.492	
2,00	-2 <u>22</u> .97760	.7500 22.1160	SIO2	83.813	
L104	375.05253	.7500	He	83.813	
	<b>-</b> 496.09705	26.2629	S1O2	81.276	
L105	191.46102	.7500	He	80.032	
	-1207.32624	15.5881	SIO2	72.339	
L106	180.94629	25.3787	He	62.801	
	100.48825	6.0000	SIO2	62.147	
L107	-3031.88082 122.14071	23.8679	He	58.984	
	-295.91467	9.3246	S102	59.196	
L108	-187.69352	.7500	He	59.874	
	-199.96963	6.0000	S102	59.882	
L109	184.23629	33.9482	He	52.911 64.438	
	-112.01095	6.0000	S102	64.128 75.868	
L110	-684.63799 A	12.5079	He	78.258	
1444	-225.51622	18.6069	SIO2	81.928	
L111	-137.30628	.7500	He	99.979	
L112	5312.93388	38.3345	SIO2	101.920	
L112	-178.79712	.7500	He SIO2	111.294	
L113	344.71979	39.8511	He	111.237	
2110	-397.29552	.7500 39.6778		101.552	
L114	165.51327	.7500	He	99.535	
_	7755.09540	23.8921		87.267	
L115	195.28524	32.2730		72.012	
	119.99272	6.0000	SIO2	70.763	
L116	-452.93918	20.782	) He	66.677	
	287.33119 -218.82578	6.0000	S1O2	66.150	
L117	166.44429	40.575	7 He	66.003	
	-103.90786	6.4932		66.694	
L118	5916.68891	13.333		80.535 82.790	
L119	-344.93456	19.858		86.174	
Liia	-165.11801	.7500	He	100.670	
L120	-11871.72431	38.50		102.666	
L120	-174.34079	.7500	He 15 CAF2		
L121	586.98079	31.69		112.097	
2,	<b>-</b> 414.20537	.7500		111.399	
	UNENDL	3.684	·	111.399	
	BLENDE	.0000 1.256		111.830	
	UNENDL	45.76		114.801	
L122	284.64742	45.70 17.99		114.410	
	-414.78783	14.5		113.062	
L123	-234.72451				
•			15		

wo	00/70407		pelle 1 Lite 2		PCT/EP99/10233
L124 L125 L126	-593.08647 -323.13567 -229.06128 180.27184 652.02194 143.20049 383.51531	14.7730 42.1874 .7500 31.4105 .7500 28.2444 14.7177	He SIO2 He SIO2 He SIO2 He	114.454 114.235 117.505 105.659 103.698 91.476 88.206	·
L127	-2122.47818 312.60012	14.1140 1.3119 46.5147	S102 He S102	85.843 74.816 66.708	
L128 L129	111.92162 53.69539 51.14657 492.53747 UNENDL UNENDL UNENDL UNENDL	2.2604 27.3776 3.7815 3.0000 12.0000	He CAF2 He SIO2	40.084 39.074 32.621 29.508 27.848 14.021	

## Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 21:

EX = 0.0000

C1 = 0,61839643 \* 10-8

C 2 = 0,11347761 \* 10<sup>-11</sup>

 $C 3 = 0.32783915 * 10^{-16}$ 

C 4 = -0,22000186 \* 10<sup>-20</sup>

m736a Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchmesser	
	ישבאוטו	16.6148		60.752	
	UNENDL -140.92104	7.0000	SIO2	61.267	
L201	-4944.4896			67.230	
	-985.90856		S102	68.409	
L202	-191.79393			70.127	
	18376.813		S1O2	73.993	
L203	-262.28779	.7500		74.959	
L204	417.82018	21.1310	S1O2	77.129 77.193	
1204	-356.7605	5 .7500	0100	74.782	
L205	185,38468	23.3034	S1O2	73.634	
L200	-1198.615	50 A7500	S102	68.213	
L206	192.13950		5102	61.022	
-	101.1561		S102	60.533	
L207	-404.1751		0.02	58.732	
	129.7059		SIO2	59.144	
L208	-235.9814			60.201	
	-203.884 -241.725	<del>-</del> -	SIO2	60.490	
L209	196.2545	<u>-</u>		E5.017	
	-122.149	-	S102	66.412	
L210	-454 652	65 A 10.8840		77.783	
	-263.012		SIO2	81.685	
L211	-149.71	102 1.6818		86.708	
L212	-23862.	31899 43.2680	S1O2	104.023	
1212	-166.87	798 .7500		106.012 115.503	
1213	340.376	370 44.9408	SIO2	115.398	
22.5	-355.50		SIO2	102.982	
L214	160.118		5 5102	100.763	
-	4450.5		1 \$102	85.869	
L215	172.51		•	74.187	
	116.88			72.771	
L216	-395.46			66.083	
_	178.01 -176.0			65.613	
L217	188.41			66.293	
. 040	-112.4			66.917	
L218	683.4		40	80.240	
L219	-350.0		59 S1O2	82.329	
1219	-194.	.7514		87.159 99.995	
L220		.50149 35.36		103.494	
	· -213.	88820 .7500		114.555	
L221	657.5	6358 31.33		115.245	
		74102 .0000		116.016	
	UNE			116.016	
	BLE			440.400	
Ĺ222		30582 27.74 .84842 18.43		118.605	
			204 586 SIO2		
L22:				117.550	
	-672	2.92481 23.8			

wo	00/70407		Tabelle Seite	
L224	-233.67936 -538.42627	10.0000 10.4141	SIO2	116.625 117.109
L225	-340.26626 -224.85666	21.8583 .7500	SIO2	116.879 117.492 100.303
L226	146.87143 436.70958	34.5675 .7500	S1O2	97.643 86.066
L227	135.52861 284.57463	29.8244 18.9234	SIO2 SIO2	79.427 72.964
L228	-7197.04545 268.01973	.7500	SIO2	63.351 56.628
L229	100.56453 43.02551	27.8623 2.0994 30.9541	SIO2	36.612 36.023
L230	42.30652 262.65551 UNENDL UNENDL	1.9528 12.0000		28.009 27.482 13.602

### Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX = -0,17337407 \* 10<sup>3</sup> C 1 = 0,15292522 \* 10<sup>-7</sup> C 2 = 0,18756271 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = -0,40702661 \* 10<sup>-16</sup> C 4 = 0,26176919 \* 10<sup>-19</sup> C 5 = -0,36300252 \* 10<sup>-23</sup> C 6 = 0,42405765 \* 10<sup>-27</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX = -0,36949981 \* 10<sup>1</sup>
C 1 = 0,20355563 \* 10<sup>-7</sup>
C 2 = -0,22884234 \* 10<sup>-11</sup>
C 3 = -0,23852614 \* 10<sup>-16</sup>
C 4 = -0,19091022 \* 10<sup>-19</sup>
C 5 = 0,27737562 \* 10<sup>-23</sup>
C 6 = -0,29709625 \* 10<sup>-27</sup>

m745a Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchmesser
	UNEND	17.8520		60.958
	UNENDL -131.57692	7.0000	S1O2	61.490
L301	-195.66940			64.933
	-254.66366		S102	65.844
L302	-201.64480			67.386
	-775.65764		SIO2	69.629
L303	-220.44596	.7500		70.678
L304	569.58638		S102	72.689 72.876
L304	-308.25184		2102	71.232
L305	202.68033	20.7802	SIO2	70.282
Local	-1120.208		SIO2	65.974
L306	203.03395		5102	59.566
	102.61512	_	SIO2	59.203
L307	-372.0533			58.325
	144.4088 -207.9362	_	SIO2	58.790
L308	-207.9502 -184.6593			59.985
	-201.977		SIO2	60.229
L309	214.5771			65.721
L310	-121.807	02 7.0411	S1O2	67.235 79.043
F310	-398.263	53 A 9.7571	2100	81.995
L311	-242.403		SIO2	87.352
	-146.763		S1O2	104.995
L312	-2729.19		3102	107.211
	-158.370		SIO2	118.570
L313	356.376			118.519
	-341.95 159.838		SIO2	105.627
L314	2234.73			102.722
	172.14		0 5102	88.037
L315	119.53		4	75.665
L316	-392.52	2196 7.0000		74.246
£310	171.18	767 29.498		67.272 66.843
L317	-176.7	5022 7.0000		67.938
20 11	186.50			68.650
L318	-113.9			82.870
	893.30			85.090
L319	-327.7		••	89.918
	-192.7	.89972 34.36		103.882
L320		35555 .7500		106.573
		8083 32.62		119.191
L321		16650 .0000		119.960
	UNE	NDL 2.842	20	120.991
	BLE	NDE .000		120.991 123.568
L322	771.	53843 30.6		124.005
	-525	.59771 13.4		
L323		53202 40.0		122.707
	712	.47666 23.6	0101	<del></del>

wo	00/70407		Tabe Seil	elle 3 re 2
L324	-250.00950 -513.10270	10.0000 14.8392	SIO2	121.877 121.995
L325	-344.63359 -239.53067	20.3738 .7500	S1O2	121.081 121.530
L326	146.13385 399.32557	34.7977 .7510	S1O2	102.5 <del>44</del> 99.992
L327	132.97289 294.53397	29.7786 18.8859	SIO2	87.699 82.024
L328	-3521.27938 287.11066	3 A11.4951 .7814	SIO2	75.848 65.798
L329	103.24804 41.64286	27.8602 1.9089	SIO2	58.287 36.734
L330	41.28081 279.03201	31.0202 1.9528	S1O2	36.281 28.934 28.382
	UNENDL	12.0000		13.603

## Asphärische Konstanten:

UNENDL

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX = -0,16784093 \* 10<sup>3</sup> C 1= 0,49600479 \* 10<sup>9</sup> C 2 = 0,31354487 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = -0,65827200 \* 10<sup>-16</sup> C 4 = 0,44673095 \* 10<sup>-19</sup> C 5 = -0,73057048 \* 10<sup>-23</sup> C 6 = 0,91524489 \* 10<sup>-27</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX =  $-0.22247325 \cdot 10^{1}$ C 1 =  $0.24479896 \cdot 10^{-7}$ C 2=  $-0.22713172 \cdot 10^{-11}$ C 3 =  $0.36324126 \cdot 10^{-16}$ C 4 =  $-0.17823969 \cdot 10^{-19}$ C 5 =  $0.26799048 \cdot 10^{-23}$ C 6 =  $-0.27403392 \cdot 10^{-27}$ 

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

EX = 0 C 1 = -0,45136584 \* 10<sup>-09</sup> C 2= 0,34745936 \* 10<sup>-12</sup> C 3 = 0,11805250 \* 10<sup>-17</sup> C 4 = -0,87762405 \* 10<sup>-21</sup>

m791a Linsen	RADIEN DICKEN	GLAESER	1/2* Linsendurchmesser
	UNENDL 11.4557		61.339
	UNENDL 11.4557 -273.19566 7.0000	SIO2	62.263
L401	-277.09708 .7000		63.765
	-861.38886 8.9922	S1O2	64.989
L402	-339.26281 .7000		65.826
. 403	118124.1371911.2867	S1O2	66.916
L403	-365,70154 .7000		67.416
L404	685.10936 13.1651	SIO2	67.995 68.012
L404	-485.98278 .7000	2100	67.247
L405	387.56973 17.2335	S1O2	66.728
2400	-473.09537 A .7000	SIO2	62.508
L406	268.03965 9.9216	3102	58.531
	149.12863 23.8122 -184.82383 7.0000	SIO2	58.029
L407	10 110	0.02	57.646
	176.80719 21.4194 -186.59114 7.0000	SIO2	58.045
L408	218.73570 29.5024		63.566
	-129.31068 7.0000	SIO2	65.030
L409	-531.44773 A 17.2306		76.481
1.440	-307.52016 22.4527	S1O2	85.643
L410	-148,36184 .7000		88.946
L411	-1302.18676 41.0516	S102	105.065 107.106
E-411	-162.48723 .7000	- 0.00	118.007
L412	621.16978 41.138	7 \$102	118.347
	-294.49119 .7000	s S1O2	109.803
L413	160.06951 49.737	5 3102	107.961
	-2770.71439 A.7000	3 SIO2	89.160
L414	152.16529 16.740 106.43165 39.936	-	76.189
	-530.55958 7.0000		74.955
L415	170.63853 31.499		68.381
1.446	-164.61084 7.0000		67.993
L416	262.65931 36.29		69.679
L417	-113.57141 8.432		70.272
<u>_</u>	772.56149 21.76		85.377 87.710
L418	-278.33295 16.48		92.554
_	-198.24799 .8689		107.590
L419	-3464.64038 37.59		111.045
	-214.63481 1.192 2970.07848 32.32		122.434
L420	20.0.0		123.849
	-350.93217 2.53( 1499.34256 25.8)		127.128
L421	-561.19644 .000		127.371
	UNENDL .751		126.559
	BLENDE .000		126.559
L422	821.09016 39.5		127.453
L422	-1995.20557 .700	00	127.499
L423	337.02437 41.8	3147 SIO2	126.619 125.851
L-720	-659.23025 25.0	0233	21 125.851
,			

WO 00/70407			Tabelle 4 Seite 2	
-242.66564 -891.19390	7.0000 9.7905	S1O2	124.960 125.057	
-492.17516 -242.55195	41.0678 .7000	SIO2	124.887 125.845	
145.04614 406.88892	37.2406 .7008	SIO2	104.033 101.079 85.742	
119.31280 249.69473	31.5532 15.2917		79.561 74.994	
281.90273	.7011	•	66.830 61.517	
404.13980 UNENDL	15.0000	0.02	32.177 13.603 13.603	
	-242.66564 -891.19390 -492.17516 -242.55195 145.04614 406.88892 119.31280 249.69473 1411.93157 281.90273 143.95136 404.13980	-242.66564 7.0000 -891.19390 9.7905 -492.17516 41.0678 -242.55195 .7000 145.04614 37.2406 406.88892 .7008 119.31280 31.5532 249.69473 15.2917 1411.93157 7.8700 281.90273 .7011 143.95136 55.0835 404.13980 15.0000 UNENDL .0001	-242.66564 7.0000 SIO2 -891.19390 9.7905 -492.17516 41.0678 SIO2 -242.55195 .7000 145.04614 37.2406 SIO2 406.88892 .7008 119.31280 31.5532 SIO2 249.69473 15.2917 1411.93157 7.8700 SIO2 281.90273 .7011 143.95136 55.0835 404.13980 15.0000 UNENDL .0001	

### Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX = 0.45321787 \* 10<sup>2</sup> C 1 = 0.12027601 \* 10<sup>-7</sup> C 2 = -0.16206398 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = -0.41686011 \* 10<sup>-15</sup> C 4 = 0.38440137 \* 10<sup>-19</sup> C 5 = -0.15095918 \* 10<sup>-23</sup>

 $C 6 = -0.84812561 * 10^{-28}$ 

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX = 0 C 1 = -0.97452539 \* 10<sup>-7</sup> C 2 = 0.32591079 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = 0.97426255 \* 10<sup>-16</sup> C 4 = -0.846124 \* 10<sup>-20</sup> C 5 = -0.12332031 \* 10<sup>-23</sup> C 6 = 0.14443713 \* 10<sup>-27</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

EX = 0 C 1 = 0,53144137 \* 10<sup>-8</sup> C 2 = 0,21837618 \* 10<sup>-12</sup> C 3 = 0,22801998 \* 10<sup>-18</sup> C 4 = -0,87807963 \* 10<sup>-21</sup> C 5 = 0,42592446 \* 10<sup>-25</sup> C 6 = -0,85709164 \* 10<sup>-30</sup>

j430a Linsen	RADIEN [	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsendurchmesser
	UNENDL	9.9853		61.649
L501	-265.92659	6.0000	S102	62.237
2001	00,.0222	5.9813	0100	65.916 66.990
L502	200	14.4343	S1O2	68.482
	-244.65690	.7500 15.9955	SIO2	71.883
L503	1038.40194 -333.95446	.7500	0,02	72.680
. == .	359.47552	18.5128	S1O2	74.430
L504	-532.67816	.7500		74.416
1 505	213.38035	21.4562	SIO2	72.985
L505	-1441.22634			72.045
L506	261.90156	6.5306	SIO2	67.809 62.818
2000	115.92184	28.4856	SIC2	62.411
L507	-267.21040	6.0000 23.2443	3102	61.923
	175.09702	6.0000	S1O2	62.365
L508	-213.08557 199.61141	30.8791		68.251
	-158.73046	6.0337	SIO2	69.962
L509	-1108.92217	A10.9048		81.119
L510	-314.37706	20.6413	SIO2	84.163
2310	-169.59197	.8014		88.902
L511	-3239.9717		S102	106.289 108.724
23.1	-168.44726		\$102	123.274
L512	495.41910	48.8975 .7500	3102	123.687
	-288.85737	.7500 48.7613	S1O2	113.393
L513	153.24868 920.32139		•	111.134
1.544	163.02602	15.7110	S102	96.188
L514	124.97610			84.961
L515	-422.99493	6.0000	S102	83.633
25.0	184.60620		2100	76.498 76.180
L516	-241.9302		S1O2	77.396
	168.30899		SIO2	78.345
L517	-117.4313			98.469
- 10	2476.4795 -311.3604			101.209
L518	-221.5855			105.324
L519	-934.3704		SIO2	122.239
[515	-216.7580			125.425
L520	3623.947	86 39.6266	S S102	146.583 148.219
	-370.692			157.194
L521	1209.829		s S1O2	157.194
	-613.717			158.061
	UNENDL			158.061
	BLENDE 709.8891		2 SIO2	160.170
L522	-1035.75			160.137
L523	313.448		0 5102	155.263
1323	-1046.56			23 153.730
•				

wo 0	0/70407	Tabe Seil	elle 5 & 2
L524	-328.67790 15.0000 -1283.32936 14.7084	S1O2	152.447 148.826
L525	-540.24577 23.9839 -305.19883 .7510	S102	148.336 148.189
L526	152.28321 42.3546 384.50964 .7531	SIO2	114.055 109.924 91.106
L527	124.66784 31.8554 279.60513 16.6796	SIO2 SIO2	86.038 82.126
L528	-28987.53974 7.4387 316.02224 .8631 180.51161 54.1269	SIO2 SIO2	72.044 67.036
L529	180.51161 54.1269 1341.25511 15.0000 UNENDL .0001 UNENDL		37.374 13.604 13.604

## Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX = -0,27012883 \* 10<sup>3</sup> C 1 = -0,48014089 \* 10<sup>-7</sup> C 2 = 0,30075830 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = 0,34922943 \* 10<sup>-16</sup> C 4 = 0,26946301 \* 10<sup>-19</sup> C 5 = -0,58250631 \* 10<sup>-23</sup> C 6 = 0,68991391 \* 10<sup>-27</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX = 0,41249481 \* 10<sup>1</sup> C 1 =-0,38239182 \* 10<sup>-6</sup> C 2 =-0,14976009 \* 10<sup>-11</sup> C 3 =-0,25206193 \* 10<sup>-16</sup> C 4 =-0,78282128 \* 10<sup>-20</sup> C 5 = 0,13017800 \* 10<sup>-23</sup> C 6 =-0,14205614 \* 10<sup>-27</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

EX = 0,26320110 \* 10<sup>1</sup>
C 1 = 0,27448935 \* 10<sup>8</sup>
C 2 =-0,18100074 \* 10<sup>-12</sup>
C 3 = 0,58696756 \* 10<sup>-17</sup>
C 4 =-0,58955753\* 10<sup>-21</sup>
C 5 = 0,16526308 \* 10<sup>-25</sup>
C 6 =-0,25708759 \* 10<sup>-30</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

EX =-0,96865859 \* 10<sup>5</sup>

C 1 =-0,42411179 \* 10°8

 $C 2 = 0.12306068 * 10^{-12}$ 

 $C 3 = 0.69229786 * 10^{-17}$ 

 $C 4 = 0.80135737 * 10^{-20}$ 

C 5 =-0,14022540 \* 10<sup>-23</sup>  $C6 = 0.79827308 * 10^{-28}$  Tabelle 6 Seite 1

m767a Linsen	RADIEN	DICKEN	GLAESER	1/2 * Linsend	iurchmesser
	UNENDL	5.9005	N2	32.429	
1.601	-125.95821	3.6410	CAF2	32.780	
L601	243.24465	5.2309	He	35.323	
1.602	2472.77263	9.2265	CAF2	36.826	
L602	-132.46523	.3958	He	37.854	
L603	544.60759	8.6087	CAF2	40.080	
F902	-188.98512	.6007	He	40.516	
L604	180.26444	10.3984	CAF2	41.764	
2004	-394.70139	.4244	He	41.743	
L605	101.06312	12.8236	CAF2	40.955	
2000	-691.58627		He	40.455	
L606	135.75849		CAF2	37.553	
	57.03094	16.2396	He	34.284	
L607	-268.26919		CAF2	33.871 33.188	
	116.53669		He	33.372	
L608	-142.5467		S1O2	35.360	
	100.09171		He S1O2	36.264	
L609	-83.03185		He	41.718	
		4 A 5.1711	CAF2	43.453	
L610	-167.9292		He	47.010	
	-93.29791		CAF2	56.224	
L611	-1270.465		He	58.224	
	-90.89540 266.8127		CAF2	66.498	
L612	-171.2368	•	He	66.755	
L613	82.41217		CAF2	61.351	
	529.1725		He	60.098	
1044	81.87977	= :	CAF2	50.462	
L614	64.06536		He	44.346	
L615	-259.830		SIO2	43.473	
	124.2941		He	40.266	
<u>L</u> 616	-197.291		SIO2	39.809	
	87.83707	24.5613	He	39.571	
L617	-64.9727		S102	40.050	
	1947.712		He	49.830	
L618	-182.160		CAF2	51.480	
	-118.829		He	53.449	
L619	-633.935		CAF2	63.119 64.793	
	-115.140		He	75.458	
L620	2647.04			76.413	
	-197.41		He CAF2	81.369	
L621	668.450		He	82.659	
	-322.45		He	82.583	
	UNEND		110	82.583	
. •	BLEND 395.847		CAF2	83.488	
1622	-635.79		He	83.449	
	-535.79 165.288			80.761	
L623	-698.21			26 80.133	
	-500.2				

WO 00/70407			Tabelle 6 Seite 2		
L624	-175.54365	7.9803	SIO2	79.485	
	-571.27581	9.7972	He	78.592	
L625	-265.73712	11.6714	CAF2	78.015	
	-156.05301	.3500	He	78.036	
L626	79.45912	22.6348	CAF2	60.151	
	199.26460	.3500	He	57.925	
L627	67.01872	15.8836	CAF2	48.063	
	140.01631	8.6050	He	45.305	
L628	2265.71693 167.06050	2.0915	SIO2 He	43.177 38.352	
L629	102.24013 662.00756	24.5664 9.4740	CAF2 N2	34.878 22.044 7.166	
	UNENDL UNENDL	.0001	N2	7.166	

### Asphärische Konstanten:

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 29:

EX= -0,7980946 \* 10<sup>2</sup> C 1 = -0,21353640 \* 10<sup>-6</sup> C 2 = 0,56257 \* 10<sup>10</sup> C 3 =-0,39122939 \* 10<sup>-14</sup> C 4 =-0,24089766 \* 10<sup>-18</sup> C 5 = 0,30268982\* 10<sup>-22</sup> C 6 = 0,1437923 \* 10<sup>-25</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 27:

EX =0,1660595 \* 10<sup>1</sup>
C 1 =-0,12449719 \* 10<sup>-7</sup>
C 2 = -0,39565 \* 10<sup>-10</sup>
C 3 = -0,10241741 \* 10<sup>-14</sup>
C 4= -0,19631485 \* 10<sup>-17</sup>
C 5 = 0,11604236 \* 10<sup>-20</sup>
C 6 =-0,4669584 \* 10<sup>-24</sup>

Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 33:

EX = 0.1614147 \* 10° C 1 = 0.14130608 \* 10<sup>-7</sup> C 2 =-0.9747553 \* 10<sup>-11</sup> C 3 = 0.20478684 \* 10<sup>-15</sup> C 4 = -0.17732262 \* 10<sup>-18</sup> C 5 = 0.29715991 \* 10<sup>-22</sup> C 6 = -0.19032581 \* 10<sup>-26</sup> Koeffizienten der asphärischen Oberfläche 31:

EX = 0

 $C 1 = -0.18139679 * 10^{-7}$ 

C 2 = 0,26109069 \* 10<sup>-11</sup>

 $C 3 = 0.23340548 * 10^{-14}$ 

C 4 = 0,29943791 \* 10<sup>-17</sup>

C 5 = -0,13596787 \* 10<sup>-20</sup> C 6 = 0,21788235 \* 10<sup>-24</sup>

### Patentansprüche:

1. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie mit einer Linsenanordnung, bestehend aus

einer zweiten Linsengruppe (LG2) negativer Brechkraft,
einer dritten Linsengruppe (LG3) positiver Brechkraft,
einer vierten Linsengruppe (LG4) negativer Brechkraft,
einer fünften Linsengruppe (LG5) positiver Brechkraft und
einer sechsten Linsengruppe (LG6) positiver Brechkraft,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Linse am Ende der zweiten Linsengruppe (LG2),
insbesondere die letzten Linse der zweiten Linsengruppe, oder eine Linse am Anfang
der dritten Linsengruppe (LG3), insbesondere die erste Linse der dritten
Linsengruppe, eine asphärische Oberfläche (27) aufweist.

- Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Linsensystem
   (19) insgesamt nur eine Linse (L110) mit einer asphärischen Oberfläche (27)
   aufweist.
- Projektionsobjektiv mit einer mindestens eine erste Taille des Lichtbündels aufweisenden Linsenanordnung, dadurch gekennzeichnet, daß eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) vor und/oder eine Linse (L210, L310, L409, L509, L609) mit einer asphärischen Oberfläche (27) nach der ersten Taille (23) angeordnet ist.
- 4. Projektionsobjektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den die asphärischen Oberflächen (27, 29) tragenden Linsen (L205 und L210, L305 und L310, L405 und L409, L505 und L509, L605 und L609) zumindest zwei sphärische Linsen (L206-L209; L306-L309, L406-L408, L506-L508, L606-L608), angeordnet sind.

5. Projektionsobjektiv nach Anspruch 3, wobei die Linsenanordnung eine erste Linsengruppe (LG1) positiver Brechkraft, eine zweite Linsengruppe (LG2) negativer Brechkraft, eine dritte Linsengruppe (LG3) negativer Brechkraft, eine vierte Linsengruppe (LG4) negativer Brechkraft und eine fünfte und sechste Linsengruppe (LG5, LG6) mit jeweils positiver Brechkraft aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Linsengruppe (LG1) eine Linse (L205, L305, L405, L505, L605) mit einer asphärischen Oberfläche (29) aufweist.

- Projektionsobjektiv und nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zweiten Linsengruppe (LG2) vor der Taille (23) eine asphärische Linse (29) angeordnet ist.
- 7. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der Ansprüche 3 6, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Linsengruppe (LG3) eine asphärische Fläche (27, 33) aufweist.
- 8. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der Ansprüche 3 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Linsengruppe (LG2) eine nach der Taille (23) angeordnete asphärische Oberfläche (27) aufweist.
- Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die sechste Linsengruppe (LG 6) als erste Linse eine mit einer asphärischen Oberfläche (31) versehenen Linse (L328, L528, L628) aufweist.
- 10. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1, 2, 4 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine letzte Linse (L513) der dritten Linsengruppe (LG3) eine asphärische Oberfläche (33) aufweist.
- 11. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (Figur 1, Figur 3, Figur 6) einen maximalen Linsendurchmesser von 280, vorzugsweise 250 mm nicht überschreitet.

12. Projektionsobjektiv nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) bildseitig eine numerische Apertur von mindestens 0,75, vorzugsweise 0,8, aufweist.

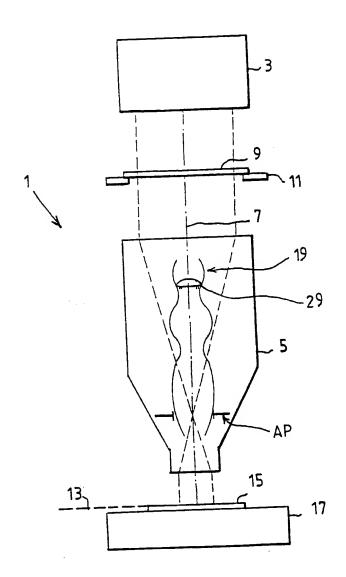
- 13. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) mindestens 2 verschiedene Materialien, insbesondere Quarzglas und ein Fluorid oder 2 Fluoride, aufweist.
- 14. Projektionsobjektiv nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die letzten zwei positiven Linsen (L120 und L121, L619-L621) vor der Aperturblende aus CaF<sub>2</sub> sind.
- 15. Projektionsobjektiv nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) zur Bildung eines Achromaten (37) eine positive Linse (39) aus CaF<sub>2</sub> aufweist, auf die eine Negativlinse (41) aus Quarzglas folgt.
- 16. Projektionsobjektiv nach zumindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die sechste Linsengruppe (LG6) eine Linse (L129, L629), vorzugsweise die letzte Linse (L629) der Linsenanordnung (19), aus CaF<sub>2</sub> aufweist.
- 17. Refraktives mikrolithographisches Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung, mit zumindestens einer Linse mit einer asphärischen Linsenoberfläche, dadurch gekennzeichnet, daß alle asphärischen Linsenoberflächen (27, 29, 31, 33) einen Scheitelradius (R) von mindestens 300 mm, vorzugsweise von 350 bis 1000 mm und nach oben unbeschränkt, aufweisen.
- 18. Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der asphärischen Linsenoberflächen (27, 29, 31, 33) kleiner als 90 %, insbesondere kleiner als 80 %, des maximalen Durchmesser der Linsenanordnung (19) ist.

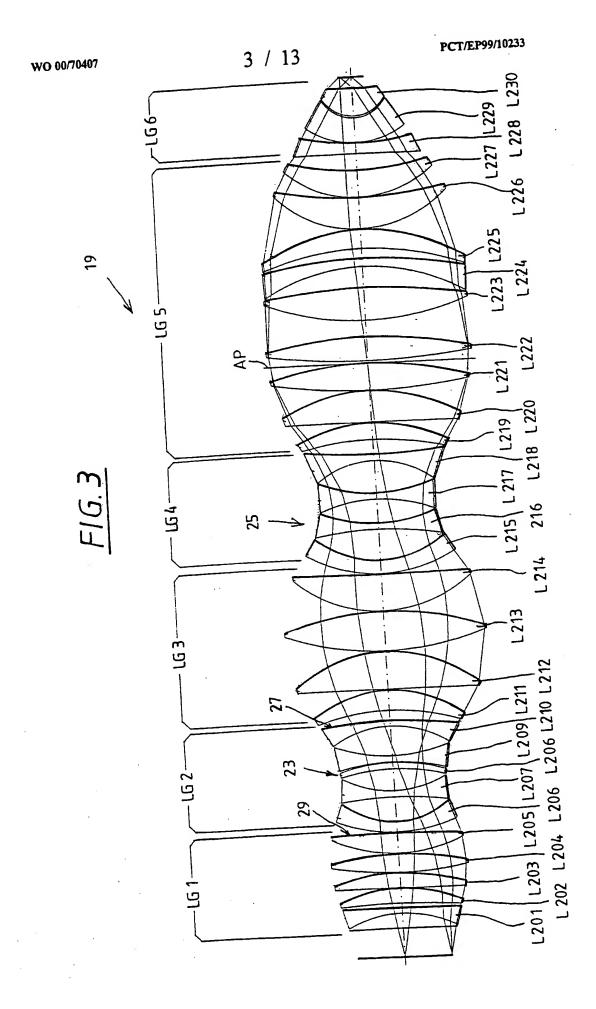
Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie, dadurch gekennzeichnet, daß
sie ein Projektionsobjektiv (5) nach zumindestens einem der Ansprüche 1 bis 16
enthält.

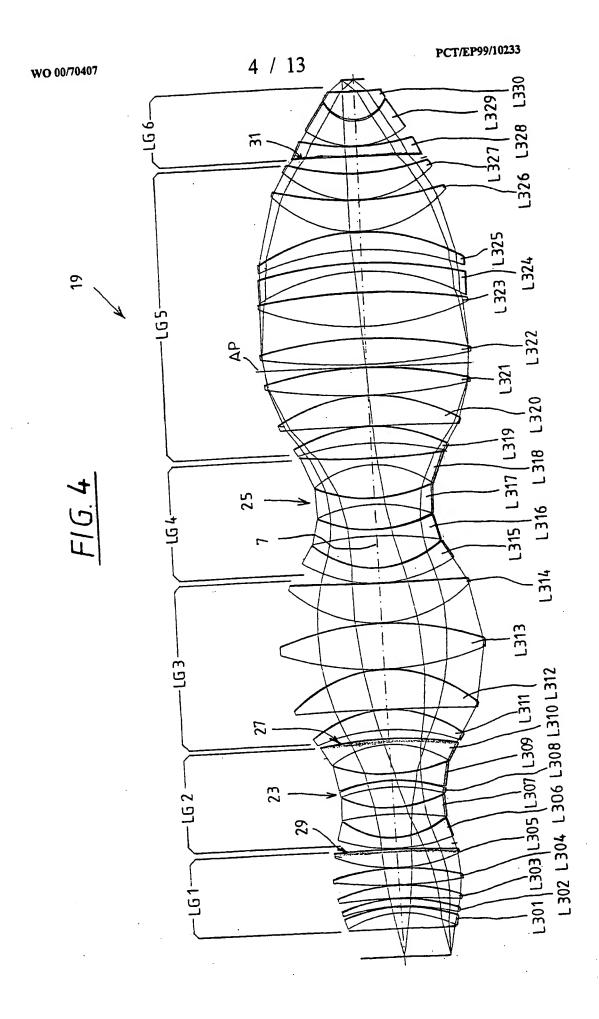
- 20. Projektionsbelichtungsanlage der Mikrolithographie mit einem Excimerlaser als Lichtquelle, der Strahlung von kürzerer Wellenlänge als 250 nm abgibt, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Projektionsobjektiv (5) nach zumindestens einem der Ansprüche 14 bis 16 umfaßt.
- 21. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der Ansprüche 1-18, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsenanordnung (19) objektivausgangsseitig eine hohe numerische Apertur aufweist, die vorzugsweise im Bereich 0,85 liegt, wobei bei allen Linsen (L501-L529) der Linsenanordnung (19) die Sinus-Werte aller Inzidenzwinkel der auf die jeweilige Linse (L501-L529) auftreffenden Strahlung immer kleiner sind als die numerische Apertur der Linsenanordnung (19).
- 22. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der Ansprüche 1-19, dadurch gekennzeichnet, daß der maximale Durchmesser der dritten Linsengruppe (G3) mindestens 10% kleiner ist als der maximale Durchmesser der fünften Linsengruppe (G5).
- 23. Projektionsobjektiv mit einer Linsenanordnung nach vorzugsweise mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine asphärische Linsenoberfläche (27, 29, 31, 33) mit einer Winkelbelastung von mindestens sin i = 0,75 beaufschlagt wird.
- 24. Verfahren zur Herstellung mikrostrukturierter Bauteile, bei dem ein mit einer lichtempfindlichen Schicht versehenes Substrat mittels einer Maske und einer Projektionsbelichtungsanlage mit einer Linsenanordnung (19) nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 18 durch ultraviolettes Laserlicht belichtet wird und

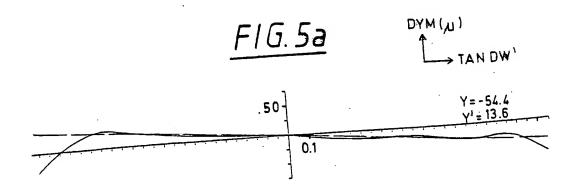
gegebenenfalls nach Entwickeln der lichtempfindlichen Schicht entsprechend einem auf der Maske enthaltenen Muster strukturiert wird.

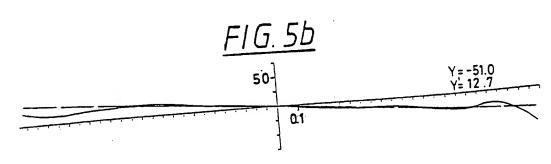
FIG. 1

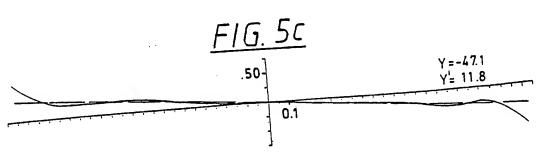


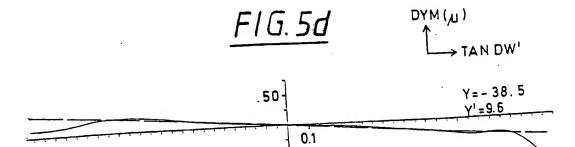


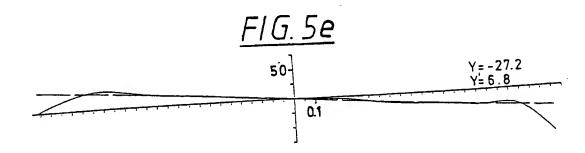


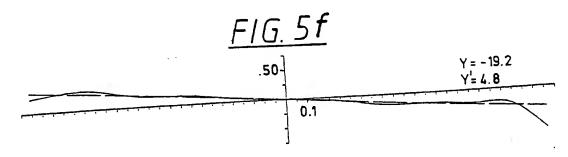


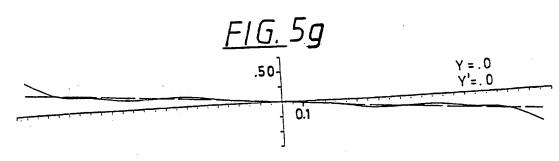


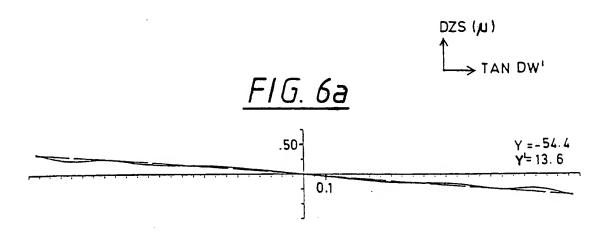


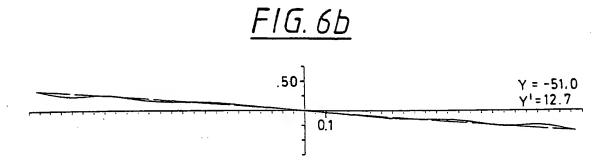


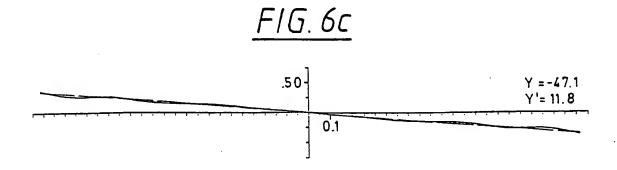




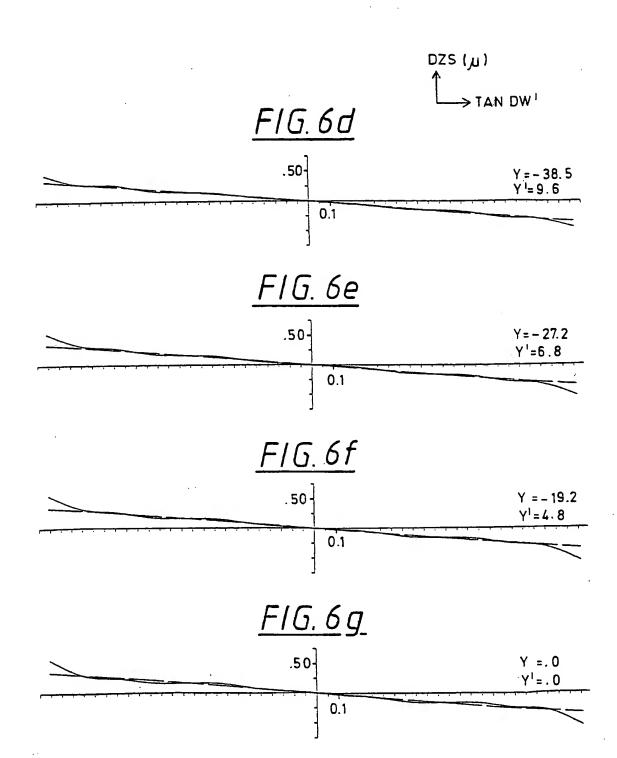








8/13



9/13

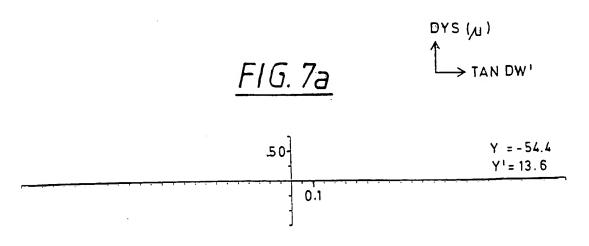
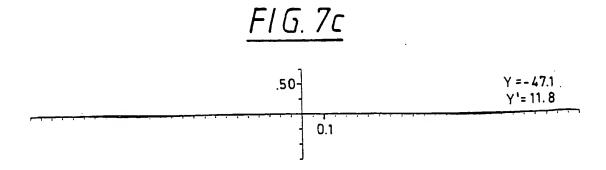


FIG. 7b

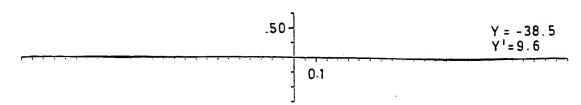
.50

Y =-51.0
Y' = 12.7



10/13

F	-/	G.	7d	
•	•	•	, –	



F1G. 7e

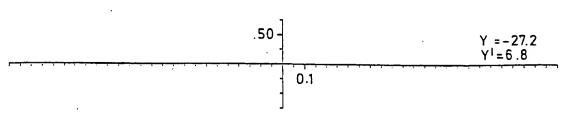
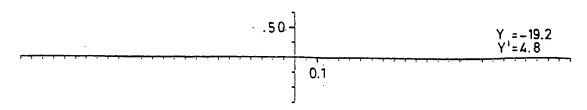
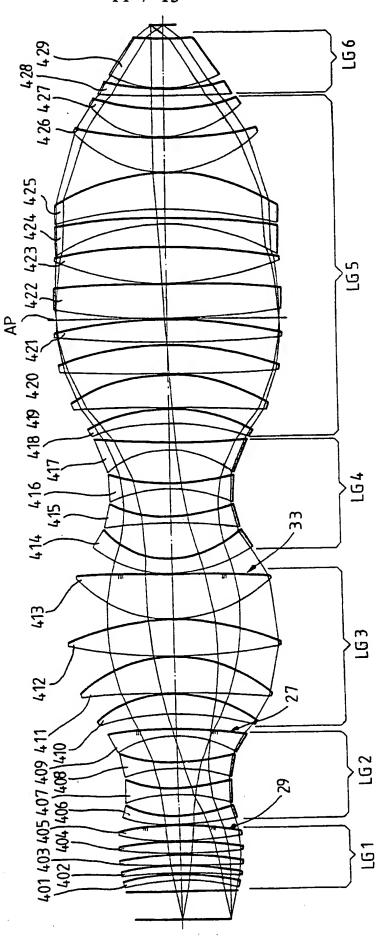
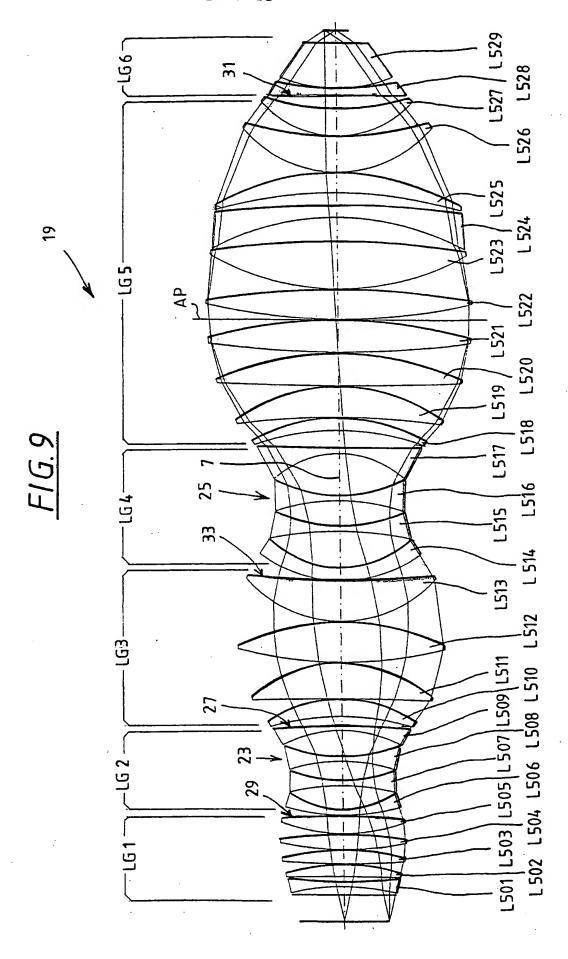


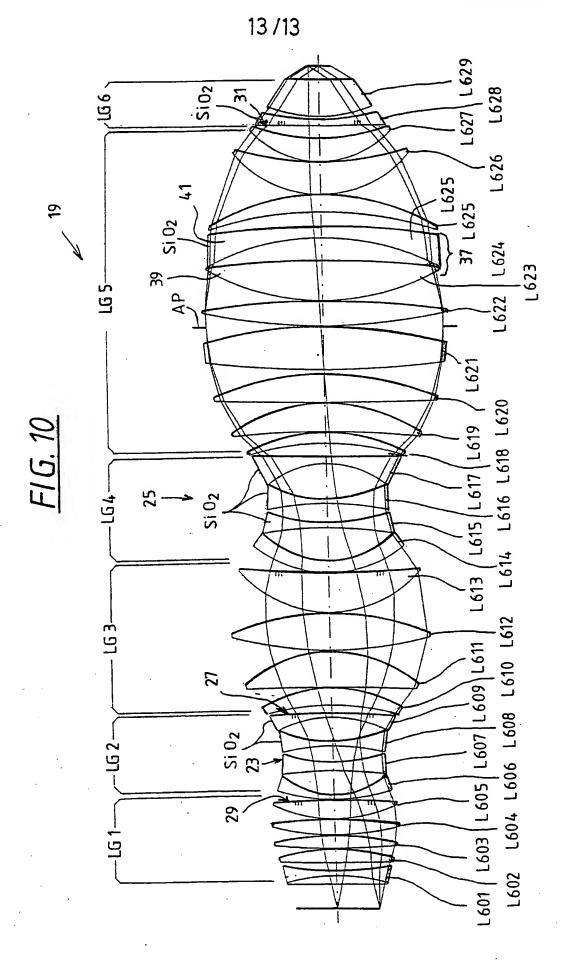
FIG. 7f



F16.8







#### INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte onal Application No PCT/EP 99/10233

A CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G03F7/20 G02F G02B13/18 G02B13/14 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) GO3F GO2B IPC 7 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Category \* Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to daim No. DE 198 18 444 A (NIPPON KOGAKU KK) 1-8,10, 29 October 1998 (1998-10-29) 12,18, cited in the application 19,24 page 2, line 3 - line 44 15,16 page 3, line 24 -page 4, line 18 A 9,11,14, 17,20-23 examples 2-9; tables 2-9 figures 1-18 PATENT ABSTRACTS OF JAPAN X 1,3,7,9, vol. 1999, no. 09, 10,17 30 July 1999 (1999-07-30) -& JP 11 097347 A (NIKON CORP), 9 April 1999 (1999-04-09) figures 1,4,7,10,13,16; tables 1-6 A 2,4-6,8,11,12, 18-20, 22,24 -/--Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex. Special categories of cited documents: T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance cited to understand the principle or theory underlying the notineval "E" earlier document but published on or after the international \*X° document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cried to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such docu-"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means ments, such combination being obvious to a person skilled \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "&" document member of the same patent family Date of the actual completion of the international search Date of mailing of the international search report 11 May 2000 02/06/2000 Name and mailing address of the ISA Authorized officer European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340–3016 Narganes-Quijano, F

2

#### INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Ints one Application No PCT/EP 99/10233

US 5 099 361 A (YAMAMOTO YOSHIHARU ET AL) 24 March 1992 (1992-03-24) column 3, line 9 - line 33 column 4, line 26 - line 46 abstract; figure 1; table 1  FR 2 288 322 A (EASTMAN KODAK CO)	3,4,6-8, 10,12 11,22
24 March 1992 (1992-03-24) column 3, line 9 - line 33 column 4, line 26 - line 46 abstract; figure 1; table 1	10,12
FR 2 288 322 A (EASTMAN KODAK CO)	
14 May 1976 (1976-05-14)  page 1, line 1 - line 3  page 2, line 1 - line 18  page 3, line 34 - line 37  figure 1; table 1	3,7,13, 18
US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 1, line 9 - line 17 column 13, line 56 -column 14, line 5  column 17, line 32 -column 20, line 52 column 22, line 28 -column 29, line 12	3,13,18, 19,24 15,16 2,14,20, 21,23
abstract; figures 4-8,13,14	
US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21 November 1995 (1995-11-21) column 2, line 2 - line 8 column 2, line 30 - line 42 column 2, line 61 -column 3, line 45 abstract; table 1	15,16
EP 0 869 382 A (NIPPON KOGAKU KK) 7 October 1998 (1998-10-07) page 4, line 5 -page 7, line 47 abstract; figures 8,11; tables 3,4	1,5, 13-16,24
EP 0 857 985 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 12 August 1998 (1998-08-12) column 1, line 17 - line 52 column 2, line 36 - line 42	13–16
DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25 June 1998 (1998-06-25) page 2, line 60 -page 4, line 19 abstract; figures 1-5	1,21,23, 24
US 5 396 367 A (ONO SHUSUKE ET AL) 7 March 1995 (1995-03-07) column 6, line 24 -column 7, line 1 abstract	21,23
EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9 July 1997 (1997-07-09) page 3, line 30 -page 4, line 31 page 5, line 1 - line 17 abstract figures 1,2; table 1	21,23
	page 2, line 1 - line 18 page 3, line 34 - line 37 figure 1; table 1  US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8 September 1998 (1998-09-08) column 1, line 9 - line 17 column 13, line 56 -column 14, line 5  column 17, line 32 -column 20, line 52 column 22, line 28 -column 29, line 12 abstract; figures 4-8,13,14  US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21 November 1995 (1995-11-21) column 2, line 30 - line 42 column 2, line 61 -column 3, line 45 abstract; table 1  EP 0 869 382 A (NIPPON KOGAKU KK) 7 October 1998 (1998-10-07) page 4, line 5 -page 7, line 47 abstract; figures 8,11; tables 3,4  EP 0 857 985 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 12 August 1998 (1998-08-12) column 1, line 17 - line 52 column 2, line 36 - line 42  DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25 June 1998 (1998-06-25) page 2, line 60 -page 4, line 19 abstract; figures 1-5  US 5 396 367 A (ONO SHUSUKE ET AL) 7 March 1995 (1995-03-07) column 6, line 24 -column 7, line 1 abstract  EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9 July 1997 (1997-07-09) page 3, line 30 -page 4, line 31 page 5, line 1 - line 17 abstract

#### INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intt. Jonal Application No PCT/EP 99/10233

		101/21 33/10233			
Patent document Publication cited in search report date		Patent family member(s)		Publication date	
DE 19818444	A	29-10-1998	JP US	11006957 A 6008884 A	12-01-1999 28-12-1999
JP 11097347	Α	09-04-1999	US	5990926 A	23-11-1999
US 5099361	A	24-03-1992	JP JP DE	2228620 A 2548359 B 69023523 D	11-09-1990 30-10-1996 21-12-1995
			DE EP KR	69023523 T 0385698 A 9400772 B	13-06-1996 05-09-1990
			KR	9400772 B 9400184 B	29-01-1994 08-01-1994
FR 2288322	A	14-05-1976	US DE	3972592 A 2546930 A	03-08-1976 29-04-1976
US 5805344	Α	08-09-1998	EP JP	0712019 A 8179204 A	15-05-1996 12-07-1996
US 5469299	A	21-11-1995	JP	4230718 A	19-08-1992
EP 0869382	Α	07-10-1998	JP	10282411 A	23-10-1998
EP 0857985	A	12-08-1998	DE JP	19704936 A 10239501 A	13-08-1998 11-09-1998
DE 19653983	A	25-06-1998	WO EP	9828644 A 0888570 A	02-07-1998 07-01-1999
US 5396367	A	07-03-1995	JP JP DE DE EP	5297275 A 6130297 A 69306645 D 69306645 T 0566073 A	12-11-1993 13-05-1994 30-01-1997 12-06-1997 20-10-1993
EP 0783137	A	09-07-1997	DE JP US	19548805 A 9197270 A 5982558 A	03-07-1997 31-07-1997 09-11-1999

Jonales Aldenzoichen PCT/EP 99/10233

KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES PK 7 G03F7/20 G02B13/18 IPK 7 G02B13/14 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK **B. RECHERCHIERTE GEBIETE** Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 GO3F GO2B Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendste Suchbegriffe) C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Betr. Ansoruch Nr. Katecone\* DE 198 18 444 A (NIPPON KOGAKU KK) X 1-8,10, 29. Oktober 1998 (1998-10-29) 12,18, in der Anmeldung erwähnt 19,24 Seite 2, Zeile 3 - Zeile 44 15,16 Y Seite 3, Zeile 24 -Seite 4, Zeile 18 9,11,14, A 17,20-23 Beispiele 2-9; Tabellen 2-9 Abbildungen 1-18 PATENT ABSTRACTS OF JAPAN 1,3,7,9, X vol. 1999, no. 09, 10,17 30. Juli 1999 (1999-07-30) -& JP 11 097347 A (NIKON CORP), 9. April 1999 (1999-04-09) Abbildungen 1,4,7,10,13,16; Tabellen 1-6 Α 2,4-6,8,11,12, 18-20, 22,24 Weitere Veröffentlichungen eind der Fortsetzung von Feld C zu Siehe Anhang Patentfamilie sondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen T° Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist Anmektung nicht kollidert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der Ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werdel erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen soil oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie auegeführt) "O" Veröffentlichung, die ach auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist \*& \* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentiamilie ist Datum des Abschlusses der internationalen Recherchs Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 11. Mai 2000 02/06/2000 Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Bevollmächtigter Bediensteter Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2260 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Narganes-Quijano, F

Fax: (+31-70) 340-3016

2

Int. Honales Aktenzoichen
PCT/EP 99/10233

C.(Fortsetz	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN	
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Χ .	US 5 099 361 A (YAMAMOTO YOSHIHARU ET AL) 24. Mārz 1992 (1992-03-24) Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 33 Spalte 4, Zeile 26 - Zeile 46 Zusammenfassung; Abbildung 1; Tabelle 1	3,4,6-8, 10,12 11,22
X	FR 2 288 322 A (EASTMAN KODAK CO) 14. Mai 1976 (1976-05-14) Seite 1, Zeile 1 - Zeile 3 Seite 2, Zeile 1 - Zeile 18 Seite 3, Zeile 34 - Zeile 37 Abbildung 1; Tabelle 1	3,7,13,
X Y A	US 5 805 344 A (SUENAGA YUTAKA ET AL) 8. September 1998 (1998-09-08) Spalte 1, Zeile 9 - Zeile 17 Spalte 13, Zeile 56 - Spalte 14, Zeile 5  Spalte 17, Zeile 32 - Spalte 20, Zeile 52	3,13,18, 19,24 15,16 2,14,20, 21,23
	Spalte 22, Zeile 28 -Spalte 29, Zeile 12 Zusammenfassung; Abbildungen 4-8,13,14	
Y A	US 5 469 299 A (NAGANO CHIKARA) 21. November 1995 (1995-11-21) Spalte 2, Zeile 2 - Zeile 8 Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 42 Spalte 2, Zeile 61 -Spalte 3, Zeile 45 Zusammenfassung; Tabelle 1	15,16 13,14,20
A	EP 0 869 382 A (NIPPON KOGAKU KK) 7. Oktober 1998 (1998-10-07) Seite 4, Zeile 5 -Seite 7, Zeile 47 Zusammenfassung; Abbildungen 8,11; Tabellen 3,4	1,5, 13-16,24
A	EP 0 857 985 A (ZEISS CARL ;ZEISS STIFTUNG (DE)) 12. August 1998 (1998-08-12) Spalte 1, Zeile 17 - Zeile 52 Spalte 2, Zeile 36 - Zeile 42	13-16
A	DE 196 53 983 A (ZEISS CARL FA) 25. Juni 1998 (1998-06-25) Seite 2, Zeile 60 -Seite 4, Zeile 19 Zusammenfassung; Abbildungen 1-5	1,21,23,
A	US 5 396 367 A (ONO SHUSUKE ET AL) 7. Mārz 1995 (1995-03-07) Spalte 6, Zeile 24 -Spalte 7, Zeile 1 Zusammenfassung	21,23
	-/	

Inh Jonales Aktenzeichen
PCT/EP 99/10233

(Fortestz)	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		101/11 99/10233		
(ategorie*	Bazeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht ko	mmenden Teile	Betr. Anspruch Nr.		
<b>A</b>	EP 0 783 137 A (ZEISS CARL) 9. Juli 1997 (1997-07-09) Seite 3, Zeile 30 -Seite 4, Zeile 31 Seite 5, Zeile 1 - Zeile 17 Zusammenfassung Abbildungen 1,2; Tabelle 1		21,23		
		*			

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

ints. unales Aktenzeichen PCT/EP 99/10233

Im Recherchenbericht Ingeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19818444	Α	29-10-1998	JP	11006957 A	12-01-1999
			US	6008884 A	28-12-1999
JP 11097347	A	09-04-1999	US	5990926 A	23-11-1999
US 5099361	Α	24-03-1992	JP	2228620 A	11-09-1990
•			JP	2548359 B	30-10-1996
			DE	69023523 D	21-12-1995
			DE	69023523 T	13-06-1996
			EP	0385698 A	05-09-1990
			KR	9400772 B	29-01-1994
			KR	9400184 B	08-01-1994
FR 2288322	Α	14-05-1976	US	3972592 A	03-08-1976
			DE	2546930 A	29-04-1976
US 5805344	Α	08-09-1998	EP	0712019 A	15-05-1996
			JP	8179204 A	12-07-1996
US 5469299	A	21-11-1995	JP	4230718 A	19-08-1992
EP 0869382	Α	07-10-1998	JP	10282411 A	23-10-1998
EP 0857985	Α	12-08-1998	DE	19704936 A	13-08-1998
			JP	10239501 A	11-09-1998
DE 19653983	Α	25-06-1998	WO	9828644 A	02-07-1998
			EP	0888570 A	07-01-1999
US 5396367	Α	07-03-1995	JP	5297275 A	12-11-1993
			JP	6130297 A	13-05-1994
			DE	69306645 D	30-01-1997
			DE	69306645 T	12-06-1997
			EP	0566073 A	20-10-1993
EP 0783137	Α	09-07-1997	DE	19548805 A	03-07-1997
			JP	9197270 A	31-07-1997
			US	5982558 A	09-11-1999

# This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

## IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.